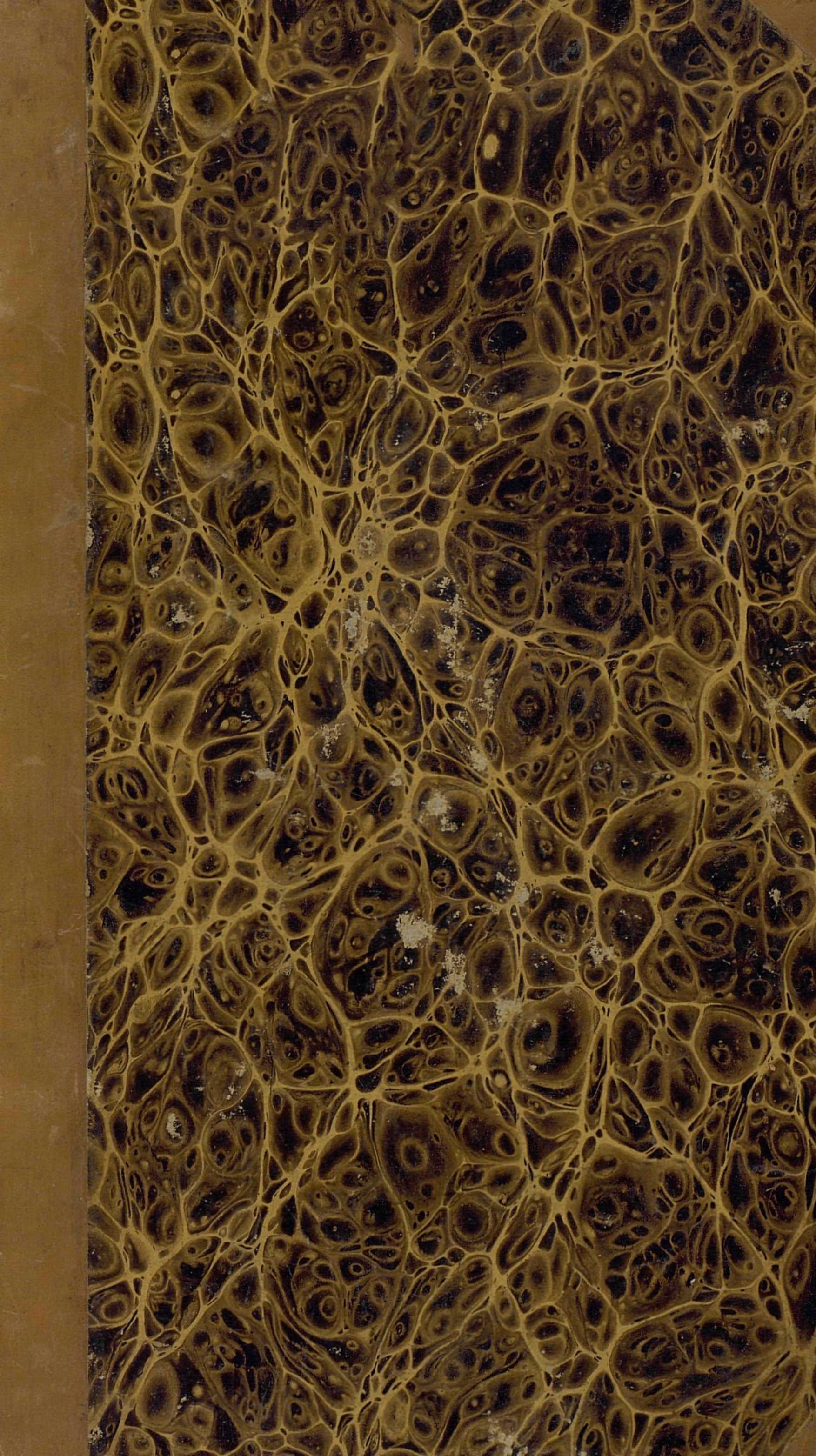


Дж. Дж. Томсонъ.

ВЗАИМООТНОШЕНІЕ
МЕЖДУ
МАТЕРІЕЙ и ЭФИРОМЪ

ПО НОВѢЙШИМЪ ИЗСЛѢДОВАНІЯМЪ ВЪ ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА.

Переводъ подъ редакціей
И. И. БОРГМАНА,
заслуженнаго профессора Императорскаго С.-Петербургскаго Университета.

Изданіе Т-ва „Естествоиспытатель."

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія В. Ѳ. Киршбаума, д. М-ва Финансовъ, на Дворц. площ.
1910.

Изъ журнала Русскаго Физико-Химическаго Общества.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Настоящая рѣчь проф. J. Thomson'а представляетъ собой талантливое изложеніе современнаго взгляда на строеніе и свойства матеріи, особенно развиваемаго самимъ авторомъ.

Высказываемыя авторомъ мысли наводятъ на цѣлый рядъ новыхъ вопросовъ, которые несомнѣнно повлекутъ за собой и новыя изслѣдованія.

Въ виду громаднаго интереса предмета, затрагиваемаго авторомъ, выпускъ перевода этой рѣчи отдѣльнымъ изданіемъ на русскомъ языкѣ является весьма желательнымъ.

И. Боргманъ.

Взаимоотношеніе между матеріей и эфиромъ по новѣйшимъ изслѣдованіямъ въ области электричества.

Д. Д. Томсона [1]).

Получивъ приглашеніе прочесть докладъ въ память Адамсона, я въ первое время не рѣшался согласиться на это. Мнѣ казалось, что читать лекцію, предназначенную для чествованія памяти великаго учителя метафизики, человѣку, который не имѣетъ ровно никакой возможности сказать что нибудь изъ этой области, является нѣкоторой несуразностью, и только потомъ, когда я выяснилъ себѣ, въ какой мѣрѣ проф. Адамсонъ симпатизировалъ умственной дѣятельности вообще и какъ широки были его воззрѣнія въ области метафизики, я нашелъ возможнымъ принять такое приглашеніе. Въ самомъ дѣлѣ, существуетъ часть физики, въ которой задачи оказываются аналогичными съ проблемами метафизики: какъ цѣлью послѣдней служитъ нахожденіе наипростѣйшихъ и наименьшаго числа понятій, при помощи которыхъ можно было бы охватить всѣ явленія духовнаго міра,— такъ существуетъ отрасль физики, которая занимается не столько открытіями новыхъ явленій и практическимъ примѣненіемъ старыхъ, какъ обсужденіемъ такихъ представленій, при помощи которыхъ является возможность связать другъ съ другомъ столь разнообразныя по виду явленія, какъ свѣтъ, электричество, звукъ, движеніе, теплота и химическія дѣйствія. Для многихъ людей эта сторона физики является особенно привлекательной; они находятъ въ физи-

---

[1]) Докладъ, читанный въ Университетѣ въ Манчестерѣ.

ческомъ мірѣ съ его миріадами явленій и кажущейся запутанностью проблему, которая неумолимо и безпрестанно влечетъ ихъ къ себѣ; духъ этихъ людей не можетъ мириться съ разнородностью и хаосомъ явленій, которые мы видимъ кругомъ, и заставляетъ искать точку зрѣнія, съ которой самыя разнородныя явленія, какъ свѣтъ, теплота, электричество и химическое дѣйствіе, представляются различными проявленіями немногихъ общихъ принциповъ. Разсматривая вселенную, какъ машину, эти люди интересуются не тѣмъ, что можетъ дать эта машина, а тѣмъ, какъ она построена и какъ она работаетъ? И если имъ для ихъ собственнаго удовлетворенія удается разрѣшить хотя бы ничтожную часть такой проблемы, они испытываютъ такую большую радость, что для нихъ вопросъ: въ чемъ же значеніе гипотезы? является настолько же второстепеннымъ, насколько второстепененъ вопросъ: въ чемъ значеніе поэзіи, музыки и философіи.

Новѣйшія изслѣдованія въ области электричества много дали для объединенія различныхъ частей физики, и я желалъ бы въ сегодняшній вечеръ обратить Ваше вниманіе на нѣкоторые выводы, вытекающіе изъ примѣненія къ нѣкоторымъ изъ этихъ изслѣдованій принципа равенства между дѣйствіемъ и противодѣйствіемъ (третій законъ движенія Ньютона). По этому принципу полное количество движенія въ каждой обособленной системѣ, т. е. въ такой системѣ, которая не подвергнута вліянію другихъ системъ, постоянно. Такимъ образомъ, если какая-нибудь часть такой системы пріобрѣтаетъ нѣкоторое приращеніе количества движенія, то одновременно съ этимъ другая часть этой системы должна потерять количество движенія, равное пріобрѣтенному первой. Этотъ законъ составляетъ не только основу нашей обыкновенной системы динамики, но онъ тѣсно связанъ и съ нашимъ толкованіемъ великаго принципа сохраненія энергіи, а его отрицаніе могло бы нанести значительный ущербъ этому принципу. Согласно послѣднему принципу, сумма кинетической и потенціальной энергіи въ какой-нибудь си-

стемѣ постоянна. Посмотримъ, какъ оцѣниваемъ мы кинетическую энергію. Намъ кажется, что всѣ предметы, находящіеся въ этой комнатѣ, пребываютъ въ состояніи покоя, а потому мы могли бы сказать, что кинетическая энергія ихъ равна нулю; но наблюдателю, находящемуся, наприм., на Марсѣ, эти же предметы не будутъ казаться въ состояніи покоя, а напротивъ, будутъ представляться движущимися со значительной скоростью; эта ихъ скорость зависитъ отъ скорости вращенія земли около собственной оси и отъ скорости вращенія земли около солнца. Оцѣнка кинетической энергіи съ Марса будетъ такимъ образомъ совершенно иная, чѣмъ у насъ. И теперь возникаетъ вопросъ: принципъ сохраненія энергіи приложимъ ли для обоихъ этихъ случаевъ, или же примѣненіе его зависитъ еще отъ того, какой осевой системой пользуемся мы для измѣренія скорости тѣлъ? Мы можемъ однако доказать безъ особаго труда, что если принципъ равенства дѣйствія и противодѣйствія имѣетъ мѣсто, то остается въ силѣ и принципъ сохраненія энергіи независимо отъ тѣхъ осей, какими мы пользуемся для измѣренія нашихъ скоростей; но если дѣйствіе и противодѣйствіе не равны между собою и не направлены другъ противъ друга, то и принципъ сохраненія энергіи можетъ быть примѣненъ лишь въ томъ случаѣ, когда скорости измѣряются по отношенію къ одной опредѣленной осевой системѣ.

Такимъ образомъ принципъ дѣйствія и противодѣйствія является основой механики, и система, къ которой нельзя приложить этого принципа, не можетъ быть представлена никакой механической моделью.

Изученіе явленій электричества знакомитъ насъ между прочимъ со случаями, когда кажется, что дѣйствіе не равно противодѣйствію. Возьмемъ для примѣра случай двухъ электрическихъ тѣлъ *A* и *B*, находящихся въ быстромъ движеніи; мы можемъ по законамъ ученія объ электричествѣ вычислить силы, которыя проявляются между этими тѣлами, и мы найдемъ, что, за исключеніемъ лишь случая, когда

оба эти тѣла движутся съ одинаковой скоростью и въ одномъ направленіи, сила, съ которой дѣйствуетъ *A* на *B*, не равна и не прямо противоположна по направленію той силѣ, съ которой дѣйствуетъ *B* на *A*,—такъ что количество движенія системы, образованной изъ *A* и *B*, оказывается непостояннымъ. И если бы изъ приведеннаго примѣра мы должны были бы заключить, что тѣла, когда они наэлектризованы, не подчиняются третьему закону движенія, и что поэтому всякое механическое объясненіе силъ, возникающихъ между такими тѣлами, является невозможнымъ, то это означало бы, что мы должны отказаться вообще отъ надежды разсматривать электрическія явленія, какъ вытекающія изъ свойствъ движущейся матеріи. Къ счастью, мы не должны этого дѣлать! Мы можемъ, слѣдуя знаменитому образцу, создать новый міръ, чтобы пополнить недостатки стараго; мы можемъ предположить, что съ *A* и *B* связана другая система, хотя и невидимая, но обладающая всетаки массой, а потому и способная къ воспріятію количества движенія; если измѣняется количество движенія *A* и *B*, то то количество движенія, которое потеряло *A* и которое не перешло на *B*, сохраняется въ системѣ, находящейся въ связи съ ними; *A* и *B* вмѣстѣ съ невидимой системой образуютъ систему, которая подчинена законамъ обыкновенной механики, и количество движенія которой остается постояннымъ. Въ нашихъ обыкновенныхъ наблюденіяхъ мы встрѣчаемъ случаи, которые во всѣхъ отношеніяхъ аналогичны съ только что разсмотрѣнными. Возьмемъ, напримѣръ, случай, когда два шара *A* и *B* движутся въ сосудѣ, наполненномъ водой; *A* при своемъ движеніи, перемѣщая кругомъ себя воду, вызываетъ между прочимъ теченія, которыя направляются противъ *B* и измѣняютъ движеніе послѣдняго и оба шара, находящіеся въ движеніи, какъ будто оказываютъ такимъ образомъ другъ на друга особыя силы. Эти силы были опредѣлены Кирхгофомъ; онѣ во многомъ напоминаютъ силы, которыя дѣйствуютъ между двумя движущимися электрическими зарядами, въ особенности, когда два шара движутся не съ одина-

ковыми скоростями и не въ одинаковомъ направленіи. Въ этомъ случаѣ силы, кажущимся образомъ возникающія между шарами, не равны между собою и не направлены прямо противоположно другъ другу.

Количество движенія двухъ шаровъ не остается постояннымъ. Если, однако, мы вмѣсто того, чтобы исключительно заниматься шарами, обратимъ наше вниманіе и на воду, въ которой они движутся, то тогда мы найдемъ, что шары вмѣстѣ съ водой образуютъ систему, которая вполнѣ подчиняется обыкновеннымъ законамъ динамики, и количество движенія которой остается постояннымъ, такъ какъ потерянная или пріобрѣтенная шарами часть количества движенія будетъ воспринята или утрачена водой. Этотъ случай представляетъ полнѣйшую аналогію съ движущимися наэлектризованными шарами, и изъ этого мы можемъ заключить, что если у насъ есть система, количество движенія которой непостоянно, то отсюда не слѣдуетъ, что третій законъ Ньютона не имѣетъ мѣста, а слѣдуетъ, что наша система не является изолированной, что она связана съ другой системой, которая можетъ воспринять часть количества движенія, потерянную первой системой, и что движеніе совокупности обѣихъ системъ вполнѣ соотвѣтствуетъ основнымъ законамъ механики.

Возвратимся къ случаю наэлектризованныхъ тѣлъ. Мы заключаемъ, что такія тѣла должны быть связаны съ какимъ то невидимымъ универсальнымъ «нѣчто». Это «нѣчто» мы можемъ назвать эфиромъ; мы заключаемъ, что эфиръ долженъ обладать массой и долженъ находиться въ движеніи, когда двигаются наэлектризованныя тѣла. Итакъ, мы окружены невидимымъ міровымъ эфиромъ, съ которымъ мы можемъ входить въ соприкосновеніе при посредствѣ наэлектризованныхъ тѣлъ; но можетъ ли это «нѣчто», этотъ эфиръ быть приведенъ въ движеніе тѣлами не наэлектризованными, на этотъ вопросъ у насъ нѣтъ пока еще опредѣленнаго отвѣта.

Ограничимся на минуту случаемъ наэлектризованныхъ тѣлъ. То обстоятельство, что наэлектризованыня тѣла, нахо-

дясь въ движенiи, приводятъ въ движенiе и нѣкоторую часть эфира, должно влiять на кажущуюся массу этихъ тѣлъ. Это должно быть потому же, почему кажущаяся масса какого-нибудь тѣла, погруженнаго въ воду, представляется всегда больше массы того же тѣла, когда оно находится въ пустотѣ. Когда мы двигаемъ тѣло въ водѣ, то мы заставляемъ двигаться не только само тѣло, но и нѣкоторую часть окружающей его воды,—и во многихъ случаяхъ вызванное этой причиной увеличенiе кажущейся массы тѣла можетъ быть гораздо больше, чѣмъ масса самого тѣла; такъ, напримѣръ, воздушные пузыри въ водѣ кажутся намъ такими, какъ будто ихъ масса во много сотенъ разъ больше массы воздуха, заключеннаго въ нихъ.

Въ случаѣ наэлектризованныхъ тѣлъ связь между этими тѣлами мы можемъ изобразить слѣдующимъ образомъ: мы можемъ представить себѣ, что электрическiя силовыя линiи, исходящiя изъ этихъ заряженныхъ тѣлъ и распространяющiяся въ эфирѣ, захватываютъ такъ сказать при этомъ часть этого эфира и уносятъ при своемъ перемѣщенiи ее съ собой. По законамъ ученiя объ электричествѣ мы можемъ вычислить для каждой части пространства захваченную при пронизыванiи ея этими силовыми линiями массу эфира. Результатъ таковыхъ вычисленiй можно выразить очень просто. Фарадей и Максвелль показали, что потенцiальная энергiя какого-нибудь наэлектризованнаго тѣла заключается не въ самомъ тѣлѣ, а находится въ окружающемъ это тѣло пространствѣ. Каждая часть этого пространства содержитъ въ себѣ количество энергiи, для нахожденiя котораго Максвелль далъ очень простое выраженiе. Замѣчательно, что если мы вычислимъ массу эфира, которая захватывается движущимися силовыми линiями въ какой-нибудь части пространства, окружающаго заряженное тѣло, то мы найдемъ ее точно пропорцiональной потенцiальной энергiи въ этомъ мѣстѣ и она можетъ быть опредѣлена слѣдующимъ образомъ: если бы эта масса двигалась со скоростью свѣта, то обладала бы кинетической энергiей, которая была бы равна электроста-

тической энергіи въ той части пространства, для которой мы вычисляемъ массу. Такимъ образомъ вся масса эфира, которая захватывается наэлектризованной системой, пропорціональна электростатической потенціальной энергіи этой системы. Но такъ какъ эфиръ приводится въ движеніе движеніями силовыхъ линій въ сторону, а не вдоль ихъ самихъ, то дѣйствительная масса эфира, захватываемая движеніемъ, оказывается нѣсколько меньше, чѣмъ это дало бы вышеуказанное правило, за исключеніемъ того особаго случая, когда всѣ силовыя линіи движутся перпендикулярно къ своему направленію. Ничтожная поправка на скольженіе силовыхъ линій въ эфирѣ не вліяетъ на общій характеръ эффекта, и въ дальнѣйшемъ ради краткости я предположу массу эфира, приведенную въ движеніе наэлектризованной системой, какъ пропорціональную потенціальной энергіи этой системы.

Итакъ, съ наэлектризованнымъ тѣломъ связано эфирное, астральное тѣло, которое увлекается наэлектризованнымъ тѣломъ при его движеніи и увеличиваетъ кажущуюся массу послѣдняго.

Мы можемъ ожидать, что эта часть мірового вещества, которую уноситъ съ собой заряженное тѣло, владѣетъ свойствами, отличающимися отъ свойствъ обыкновенной матеріи; это невидимое вещество, конечно, не подчиняется химическому анализу, но, мы можемъ допустить, подчиняется силѣ тяготѣнія; является интереснымъ рѣшить вопросъ, не можемъ ли мы какимъ бы то ни было образомъ найти тотъ случай, когда эфирная масса будетъ составлять замѣтную часть общей массы тѣла, и нельзя ли тогда сравнить свойства подобнаго тѣла со свойствами такихъ тѣлъ, у которыхъ эфирная масса незначительна. Самый грубый подсчетъ показываетъ, что во всякомъ наэлектризованномъ тѣлѣ, какъ, напр., въ наэлектризованномъ шарѣ и въ заряженныхъ лейденскихъ банкахъ, эфирная масса, которою обладаетъ это тѣло вслѣдствіе того, что оно наэлектризовано, является очень незначительной по сравненію съ истинной массой тѣла.

Вмѣсто того, чтобы разсматривать тѣло сравнительно значительной величины, перейдемъ къ атомамъ, изъ которыхъ

составляются вообще тѣла, и сдѣлаемъ вѣроятное предположеніе, что эти атомы суть электрическія системы, а силы, которыя они проявляютъ, электрическаго происхожденія. Тогда количество теплоты, которое выдѣляется при соединеніи между собою атомовъ различныхъ элементовъ, должно равняться уменьшенію электрической потенціальной энергіи этихъ соединяющихся другъ съ другомъ атомовъ, и это количество теплоты, согласно вышесказанному, представляетъ собою мѣру уменьшенія приставшей къ атомамъ эфирной массы. Согласно этому воззрѣнію эфирная масса атомовъ уменьшается на массу, которая будетъ равна той, которая, двигаясь со скоростью свѣта, обладаетъ кинетическою энергіею, эквивалентною количеству теплоты, развившейся благодаря происшедшему химическому соединенію атомовъ. Какъ примѣръ разсмотримъ химическое соединеніе, которое сопровождается наибольшимъ развитіемъ теплоты и происходитъ между самыми обыкновенными веществами, а именно, соединеніе водорода съ кислородомъ. При соединеніи водорода съ кислородомъ и образованіи одного грамма воды развивается 4.000 колорій или $16{,}8 \cdot 10^{10}$ эрг. Масса, движущаяся со скоростью свѣта, т. е. со скоростью $3 \cdot 10^{10}$ см. въ сек., будетъ обладать кинетической энергіей въ $16{,}8 \cdot 10^{10}$ эрг., если величина ея равна $3{,}7 \cdot 10^{-10}$ гр., а потому величина уменьшенія эфирной массы, когда водородъ соединяется съ кислородомъ и образуется 1 граммъ воды, должна быть равна $3{,}7 \cdot 10^{-10}$ гр. Отношеніе этого уменьшенія къ общей массѣ равно приблизительно $^1/_{3000000000}$, и оно не можетъ быть опредѣлено экспериментальнымъ путемъ; отсюда мы можемъ заключить, что попытка опредѣлить это уменьшеніе при какомъ бы то ни было химическомъ соединеніи будетъ безрезультатна. Болѣе плодотворнымъ будетъ, кажется, случай съ радіоактивными веществами, такъ какъ количество тепла, которое выдѣляетъ радій при своихъ превращеніяхъ при равныхъ вѣсовыхъ частяхъ, является гораздо большимъ, чѣмъ теплота, выдѣляемая при соединеніи обыкновенныхъ химическихъ элементовъ.

Такъ, напримѣръ, Рутерфордъ находитъ, что одинъ граммъ радія за время своего существованія выдѣляетъ количество энергіи, равное $6{,}7 \cdot 10^{16}$ эрг., и если это количество получается изъ электрической потенціальной энергіи атомовъ радія, то эти атомы въ одномъ граммѣ радія должны обладать по крайней мѣрѣ такою же потенціальною энергіею, и потому должны быть соединены съ массой эфира величиной отъ $^1/_8$ до $^1/_7$ миллиграмма, такъ какъ кинетическая энергія такой массы, когда она движется со скоростью свѣта, и будетъ равна $6{,}7 \times 10^{16}$ эрг. Изъ этого мы заключаемъ, что въ каждомъ граммѣ радія приблизительно $^1/_8$ миллиграмма, т. е. $^1/_{8000}$ всей массы приходится на долю эфира.

Такого рода заключенія побудили меня нѣсколько времени тому назадъ начать опыты съ радіемъ, чтобы убѣдиться, нельзя ли открыть какія-нибудь указанія на то, что нѣкоторая часть его массы состоитъ изъ необыкновеннаго вещества. Лучшій способъ изслѣдованія, который до сего времени я могъ придумать, состоитъ въ томъ, чтобы прослѣдить, будетъ ли для радія соблюдаться то же отношеніе между массой и вѣсомъ, какъ и для всякаго обыкновеннаго вещества. Если бы часть массы радія, соотвѣтствующая эфиру, было невѣсома, то граммъ радія вѣсилъ бы меньше, чѣмъ граммъ такого вещества, въ массѣ котораго не такъ много эфира. А отношеніе массы къ вѣсу можно найти, точно, когда измѣряется время качанія маятника. Поэтому-то я и устроилъ маятникъ, линза котораго сдѣлана изъ радія, установилъ его въ пустотѣ и заставилъ качаться, чтобы узнать, будетъ ли это качаніе такимъ же, какое бываетъ при маятникѣ такой же длины съ латунной или желѣзной линзой. Къ сожалѣнію, радія въ большомъ количествѣ получить нельзя, поэтому маятникъ съ чечевицей изъ радія былъ очень легкимъ и могъ качаться не столь продолжительное время, какъ это бываетъ съ обыкновеннымъ тяжелымъ маятникомъ. Вслѣдствіе этого невозможно было опредѣлить очень точно время качанія, но мнѣ все-таки удалось показать, что время качанія маятника изъ радія съ

точностью до $^1/_{3000}$ одинаково съ временами качанія маятника той же величины и формы, сдѣланнаго изъ латуни или желѣза. Наименьшая же разница, которую мы могли ожидать согласно этой теоріи, равна $^1/_{8000}$,—такимъ образомъ этотъ опытъ показываетъ, что если и существуетъ вообще аномалія въ отношеніи массы радія къ его вѣсу, то во всякомъ случаѣ она не можетъ быть во много разъ больше той, которая получается при вычисленіи выдѣленнаго радіемъ количества теплоты во время его превращенія. Съ бóльшими маятниками значеніе отношенія между массой и вѣсомъ можно опредѣлить съ большей точностью, чѣмъ до $^1/_{8000}$; такъ напримѣръ, три четверти вѣка тому назадъ Бессель показалъ, что отношеніе между массой и вѣсомъ и у слоновой кости и у латуни одно и то же съ точностью по крайней мѣрѣ до $^1/_{100000}$, а при помощи спеціально устроенныхъ для этого приборовъ можно было бы достичь еще болѣе значительной точности.

Когда я дѣлалъ опыты съ маятникомъ изъ радія, тогда еще не была открыта тѣсная связь между количествами содержащихся въ радіоактивныхъ веществахъ урана и радія; это отношеніе между количествами урана и радія дѣлаетъ возможнымъ предположеніе, что радій происходитъ отъ урана и что этотъ металлъ уранъ при одинаковомъ вѣсовомъ количествѣ содержитъ больше электрической потенціальной энергіи, а потому и можетъ обосновать въ эфирѣ болѣе значительное количество своей массы, чѣмъ самъ радій. А это приводитъ насъ къ заключенію, что уранъ является болѣе удобнымъ веществомъ для производства опытовъ съ маятникомъ, чѣмъ радій, къ тому же его можно получить въ значительно большемъ количествѣ, а въ силу этого изъ него можно сдѣлать такой маятникъ по величинѣ и формѣ, который дастъ болѣе точные результаты. Такимъ образомъ, по моему мнѣнію, нѣтъ ничего невозможнаго опредѣлить отношеніе между массой и вѣсомъ урана съ точностью до $^1/_{250.000.000}$.

Если же намъ не удастся подобнымъ экспериментаць-

нымъ путемъ доказать существованіе части массы, состоящей изъ эфира, то въ болѣе благопріятномъ положеніи мы будемъ по отношенію къ явленію, находящемуся въ тѣсной связи съ этимъ: я имѣю въ виду вліяніе, которое оказываетъ скорость какого-нибудь тѣла на его кажущуюся массу. Мы видѣли, что масса, связанная съ какою-нибудь электрической системою, пропорціональна потенціальной энергіи этой системы. Возьмемъ самую простую изъ всѣхъ, имѣющихся у насъ электрическихъ системъ, электрическій зарядъ, сконцентрированный на маленькомъ шарикѣ. Когда такой шарикъ находится въ состояніи покоя, то линіи электрическихъ силъ распредѣлены равномѣрно вокругъ шарика. Когда силовыя линіи распредѣлены такимъ образомъ, то электрическая потенціальная энергія меньше, чѣмъ при другомъ распредѣленіи этихъ линій. Допустимъ, что шарикъ приведенъ въ быстрое движеніе; тогда электрическія силовыя линіи будутъ стремиться принять направленіе перпендикулярное къ направленію движенія шарика, т. е. онѣ будутъ стремиться освободить переднюю и заднюю стороны шара и собраться въ серединѣ, по экватору. Такимъ образомъ увеличивается электрическая потенціальная энергія, а такъ какъ связанная съ электрическими силовыми линіями масса эфира пропорціональна этой энергіи, то эта масса будетъ больше, когда шарикъ находится въ движеніи, чѣмъ когда онъ пребываетъ въ покоѣ. Разница оказывается ничтожно малой, пока скорость шара не приближается къ скорости свѣта; но какъ только это случится, увеличеніе массы окажется очень большимъ. Кауфману удалось доказать наличность такого эффекта у выдѣляемыхъ радіемъ β-лучей: β-лучи—это отрицательныя электрическія частички, извергающіяся изъ радія съ очень большой скоростью; скорость наиболѣе быстрыхъ такихъ частичекъ на немного процентовъ меньше скорости свѣта; но вмѣстѣ съ такими частичками выбрасываются и другія, у которыхъ скорости много меньшія. Кауфманъ опредѣлилъ массу различныхъ частичекъ и нашелъ, что масса получается тѣмъ больше, чѣмъ

больше скорость частички. Масса частичекъ, имѣющихъ наибольшую скорость, оказалась въ три раза больше массы частичекъ, у которыхъ скорость наименьшая.

Эти изслѣдованія привели между прочимъ къ весьма интересному заключенію, а именно, что вся масса этихъ частичекъ зависитъ только отъ электрическаго заряда, который несется ими. Согласно вышеприведенному воззрѣнію это значитъ, что вся масса этихъ частичекъ происходитъ отъ эфира, который захватывается силовыми линіями, исходящими изъ нихъ.

Если силовыя электрическія линіи захватываютъ эфиръ, то свѣтовая волна будетъ сопровождаться движеніемъ части эфира по направленію распространенія свѣта, такъ какъ по электромагнитной теоріи свѣта свѣтовыя волны суть волны электрической силы, движущіяся впередъ со скоростью 300.000 клм. въ секунду, и линіи электрической силы уносятъ съ собой часть эфира. Количество этой уносимой массы эфира не трудно опредѣлить по правилу, что эта масса, если она будетъ двигаться со скоростью свѣта, будетъ обладать кинетической энергіей, равной электростатической потенціальной энергіи свѣта. Такъ какъ электростатическая энергія въ свѣтовой волнѣ составляетъ половину всей энергіи этой волны, то изъ этого слѣдуетъ, что масса находящагося въ движеніи эфира въ единицѣ объема равна энергіи свѣта въ этомъ объемѣ, дѣленному на квадратъ скорости свѣта. Такимъ образомъ если какое-нибудь тѣло испускаетъ свѣтъ, то часть эфира, захватываемаго свѣтомъ, будетъ вынесена этимъ лучеиспусканіемъ наружу; эта масса вообще чрезвычайно мала; примѣняя вышеуказанное правило, мы, наприм., находимъ, что масса, какую выпускаетъ въ теченіе одного года одинъ квадратный сантиметръ поверхности тѣла при температурѣ солнца, равна приблизительно одному миллиграмму. Мы можемъ еще полагать, что если часть эфира, связанная съ тѣломъ его силовыми линіями, будетъ унесена лучеиспусканіемъ, то другая часть эфира, не связанная съ тѣломъ, займетъ мѣсто первой. Вслѣдствіе лучеиспусканія тѣлъ, эфиръ, ихъ окружающій, находится въ

такомъ движеніи, что какъ будто на тѣлѣ имѣются источники и поглощатели эфира.

Хотя дѣйствительная масса эфира, увлекаемая свѣтовою волною, крайне мала, однако скорость ея, которая будетъ и скоростью свѣта, настолько велика, что даже ничтожная масса даетъ значительное количество движенія. Если свѣтъ при своемъ прохожденіи черезъ не совсѣмъ прозрачную среду поглощается, то поглощается и соотвѣтствующее количество движенія; это количество движенія сообщается средѣ и стремится привести эту среду въ движеніе по направленію движенія свѣта; такимъ образомъ, получается впечатлѣніе, что свѣтъ производитъ давленіе на эту среду. Это давленіе, которое обозначаютъ, какъ давленіе лучеиспусканія, доказано и измѣрено Лебедевымъ, Никольсомъ, Гулжемъ и Пойнтингомъ. Всѣ явленія, находящіяся въ связи съ этимъ давленіемъ, можно легко объяснить на основаніи того воззрѣнія, что свѣтъ имѣетъ количество движенія по направленію своего распространенія. Что свѣтъ обладаетъ количествомъ движенія, если допустить, что свѣтъ есть явленіе электрическое, было выведено на основаніи нѣсколько вычурныхъ разсужденій.

По старой Ньютоновской теоріи истеченія ясно безъ дальнѣйшаго, что такое количество движенія должно существовать, такъ какъ оно есть количество движенія частичекъ, представляющихъ собой свѣтъ. Замѣчательно, что, какъ показали новѣйшія изслѣдованія, многія свойства свѣта, о которыхъ можно было бы сказать, что они являются характерными для явленій, вытекающихъ изъ теоріи истеченія, должны соотвѣтствовать свѣту и въ томъ случаѣ, если свѣтъ есть явленіе электрическое. Я вкратцѣ укажу на одно слѣдствіе, вытекающее изъ теоріи истеченія, такъ какъ увѣренъ, что оно болѣе согласуется съ фактическимъ свойствомъ свѣта, чѣмъ то воззрѣніе, къ которому приводитъ насъ предположеніе электромагнитной теоріи въ той формѣ, въ которой она обыкновенно высказывается. По теоріи истеченія главными агентами являются отдѣльныя мельчайшія частич-

ки, а свѣтовой лучъ состоитъ изъ множества такихъ частичекъ, причемъ, конечно, объемъ, занимаемый этими частичками, является лишь малою частью всего того объема, въ которомъ онѣ распредѣлены. Фронтовая поверхность свѣтовой волны состоитъ такимъ образомъ, согласно этому воззрѣнію, изъ множества маленькихъ свѣтящихся пятнышекъ, которыя разсѣяны на темномъ фонѣ; фронтъ поверхности волны, такимъ образомъ, пористый и обладаетъ нѣкоторою структурою. По электромагнитной теоріи свѣта, какъ ее обыкновенно понимаютъ, принимается, что электрическая сила на всей поверхности волны одна и та же, что на этой поверхности нѣтъ свободныхъ мѣстъ, и что она не имѣетъ структуры. Но это однако не является необходимою принадлежностью электромагнитной теоріи свѣта, и я думаю, что имѣются доказательства, что въ дѣйствительности фронтовая поверхность волны болѣе похожа на множество свѣтящихся пятнышекъ на темномъ фонѣ, чѣмъ на равномѣрно освѣщенную поверхность.

Я рѣшаюсь привести здѣсь одно изъ доказательствъ: при освѣщеніи въ особенности ультрафіолетовымъ свѣтомъ металлической пластинки, изъ этой пластинки выбрасываются отрицательныя электрическія частички, и если мы опредѣлимъ число такихъ выброшенныхъ частичекъ, что вполнѣ возможно, то найдемъ, что только очень незначительная часть молекулъ, на которыя попадаетъ поверхность волны свѣта, излучаетъ такія частички. Если бы передняя поверхность волны была вся непрерывна, то всѣ молекулы металла, подвергнувшіяся дѣйствію свѣта, находились бы въ одинаковыхъ условіяхъ, и если бы даже молекулы, какъ напр. это имѣетъ мѣсто въ газообразномъ тѣлѣ, могли обладать очень разнообразными количествами кинетической энергіи, то все-таки такая разница нисколько не могла бы объяснить громадную несоразмѣрность между числомъ молекулъ, подвергшихся дѣйствію свѣта, и числомъ молекулъ, выбросившихъ изъ себя электрическія частички. Но эту несоразмѣрность легко понять тогда, когда мы предположимъ, что пе-

редняя поверхность волны не непрерывна, а пористаго строенія; такъ что только небольшое число молекулъ попадаетъ подъ дѣйствіе электрическихъ силъ. Мы можемъ допустить, что свѣтъ состоитъ изъ маленькихъ поперечныхъ импульсовъ и что волны движутся вдоль отдѣльныхъ электрическихъ силовыхъ линій, которыя распространены повсюду въ эѳирѣ, и что уменьшеніе интенсивности свѣта при удаленіи источника происходитъ не столько отъ ослабленія отдѣльныхъ импульсовъ, сколько отъ удаленія ихъ другъ отъ друга, совершенно подобно тому, какъ въ теоріи истеченія принималось, что при распространеніи свѣта не уменьшается энергія свѣтовыхъ частичекъ, но происходитъ лишь все большее и большее разсѣяніе ихъ, отчего и получается ослабленіе интенсивности свѣта.

Представленіе, что тѣла связаны съ невидимыми массами эѳира посредствомъ линій электрическихъ силъ, имѣетъ громадное значеніе для нашихъ воззрѣній на причину силы и природу потенціальной энергіи.

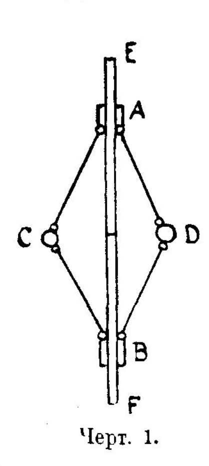
По обыкновеннымъ методамъ динамики система разсматривается, какъ обладающая кинетической энергіей, зависящей отъ скоростей составныхъ частей этой системы, и потенціальной энергіей, зависящей отъ относительнаго положенія этихъ частей. Потенціальная энергія можетъ быть различнаго рода: мы можемъ имѣть потенціальную энергію, происходящую отъ силы притяженія земли, можемъ имѣть ее отъ напряженныхъ пружинъ, отъ наэлектризированныхъ системъ; и существуютъ правила, по которымъ можно вычислить величину этой потенціальной энергіи для любого состоянія системъ. Зная же величину потенціальной энергіи, мы при помощи особой методы примѣненія такъ называемыхъ уравненій Лагранжа можемъ опредѣлить и состояніе системы. Какъ вспомогательное средство для вычисленія и изслѣдованія, такое примѣненіе потенціальной энергіи оказываетъ огромную услугу, которую едва ли можно съ чѣмъ-нибудь сравнить. Но съ философской точки зрѣнія понятіе о потенціальной энергіи далеко не такъ удовлетворяетъ

насъ, какъ понятіе о кинетической энергіи, основанія которой значительно отличаются отъ основаній потенціальной энергіи. Имѣя дѣло съ кинетическою энергіею, мы чувствуемъ, что имѣемъ представленіе о ея количествѣ; если же намъ приходится описывать потенціальную энергію, то мы сознаемъ, что знаемъ о ней очень мало, и если на это можно возразить, что въ дѣйствительности всетаки изъ этого немногаго создана вся цѣнность знанія, то это однако никоимъ образомъ не можетъ удовлетворить пытливый умъ человѣка. Мы можемъ воспользоваться аналогіей изъ области коммерціи. Мы можемъ сравнить кинетическую энергію съ деньгами, которыя фактически имѣются въ кассѣ, потенціальную же — съ деньгами, которыя помѣщены въ видѣ вклада на храненіе въ банкѣ. Положимъ, что кто-нибудь потерялъ изъ своего кармана деньги, которыя однако кѣмъ-то были найдены и помѣщены въ банкъ на имя потерявшаго. Изъ этого банка потерявшій, незнающій, гдѣ именно лежатъ деньги, можетъ во всякое время получить ихъ безъ всякой потери и прибыли. Увѣренность въ этомъ вполнѣ достаточна для торговыхъ оборотовъ, тѣмъ не менѣе врядъ ли можно допустить, что самый разумный и дѣльный человѣкъ, нисколько не стѣсняясь продолжать предпріятіе, гдѣ бы ни были его деньги, только не въ собственномъ карманѣ, не будетъ постоянно пытаться узнать тайну, скрывавшую отъ него переходъ изъ рукъ въ руки потерянной суммы. Точно такъ же обстоитъ дѣло съ физикомъ и понятіемъ о различныхъ формахъ потенціальной энергіи. Физикъ чувствуетъ, что такое представленіе не просто и у него возникаетъ вопросъ: необходимо-ли, чтобы энергіи были вообще различны и не могутъ ли быть всѣ онѣ одного рода, а именно—кинетическія? Не можетъ ли превращеніе кинетической энергіи въ различные роды потенціальной состоять просто въ переходѣ кинетической энергіи изъ одной части системы, вліяющей на наши чувства, въ другую, которая не оказываетъ этого вліянія, такъ что все то, что мы называемъ потенціальной энергіей, въ дѣйствительности будетъ кине-

тической энергіей частицъ эѳира, которыя находятся въ кинематической связи съ матеріальной системой?

Я поясню это простымъ примѣромъ: положимъ, я беру тѣло *A* и бросаю его въ такое пространство, гдѣ на него не вліяютъ никакія силы; *A* будетъ двигаться равномѣрно по направленію прямой линіи; положимъ, что я теперь къ тѣлу *A* прикрѣпляю при помощи крѣпкой связи другое тѣло *B* и снова кидаю *A*; тѣло *A* уже не будетъ двигаться больше по прямому направленію, и скорость его не будетъ равномѣрной; напротивъ: *A* будетъ описывать всевозможныя кривыя, круги, трохоиды и т. д., и эти кривыя будутъ зависѣть отъ массы и скорости *B*. Если теперь *B* и его связь съ *A* были бы невидимы, то мы могли бы свести отклоненіе *A* отъ прямого пути къ воздѣйствію силы, а измѣненіе его кинетической энергіи къ измѣненію его потенціальной энергіи при его передвиженіи съ одного мѣста на другое. Такое заключеніе является однако лишь результатомъ нашихъ воззрѣній; мы разсматриваемъ *A*, какъ единственный членъ, изъ котораго состоитъ разсматриваемая система, тогда какъ на самомъ дѣлѣ *A* представляетъ только часть системы. Когда мы разсматриваемъ данную систему, какъ заключающую въ себѣ все, то мы видимъ, что эта система относится такъ, какъ будто бы она была свободна отъ вліянія внѣшнихъ силъ и кинетическая энергія ея постоянна; то, что мы при нашемъ ограниченномъ представленіи принимаемъ за потенціальную энергію *A*, при болѣе общемъ наблюденіи оказывается кинетической энергіей *B*. Прошло уже не мало лѣтъ съ тѣхъ поръ, какъ я доказалъ, что дѣйствіе какой-нибудь силы и наличность потенціальной энергіи можно разсматривать, какъ связь первичной системы со вторичными системами, а именно: кинетическая энергія этихъ вторичныхъ системъ есть потенціальная энергія первичной системы, и общая система не имѣетъ иныхъ составныхъ частей, кромѣ кинетической энергіи. Подобное воззрѣніе лежитъ въ основѣ системы механики Гертца. Разсмотримъ одну или двѣ простыя механическія системы, въ которыхъ

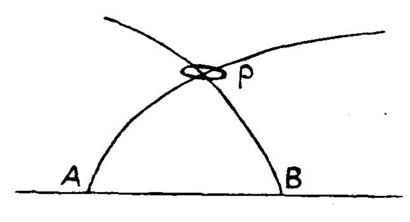
движущаяся матерія, связанная съ этими системами, проявляетъ то же самое дѣйствіе, какъ и сила. На черт. 1 *A* и *B* обозначаютъ два тѣла, прикрѣпленныя къ трубкамъ, которыя могутъ подниматься и опускаться на стержнѣ *EF*. Два шара *C* и *D* соединены съ *A* и *B* при помощи двухъ стержней и шариковъ. Если шары начнутъ вращаться около оси *EF*, то они будутъ стремиться удалиться другъ отъ друга, а по мѣрѣ того, какъ они будутъ удаляться отъ этой оси, *A* и *B* будутъ приближаться другъ къ другу. *A* и *B* такимъ образомъ будутъ стремиться другъ къ другу, т. е. взаимодѣйствіе между ними будетъ такое, какъ будто бы между ними дѣйствовала сила притяженія. Скорости *A* и *B* время отъ времени измѣняются, а вмѣстѣ съ тѣмъ мѣняется и ихъ кинетическая энергія; эта кинетическая энергія *A* и *B* фактически переходитъ къ повышенію кинетической энергіи шаровъ. Если бы вращающаяся система *C* и *D* была невидима, то взаимодѣйствіе тѣлъ *A* и *B* старались бы объяснить при помощи соотвѣтствующей потенціальной энергіи ихъ. И это произошло бы отъ того, что мы разсматривали бы *A* и *B*, какъ самостоятельную систему, тогда какъ они въ дѣйствительности только части одной большой системы, когда же мы разсматриваемъ одну общую систему, мы видимъ, что она находится въ такомъ состояніи, какъ будто на нее не дѣйствуетъ никакая сила, и она не обладаетъ никакой другой энергіей, кромѣ кинетической. Можетъ быть интересно упомянуть, что подобнымъ же образомъ мы можемъ выяснить тотъ фактъ, что два тѣла притягиваются другъ къ другу съ силой, которая измѣняется обратно-пропорціонально квадрату ихъ взаимнаго разстоянія. На черт. 2 *A* и *B* обозначаютъ два тѣла; положимъ, что къ нимъ прикрѣплены параболической формы проволоки, не имѣющія массы; если



Черт. 1.

эти проволоки стянуты кольцомъ *P*, имѣющимъ небольшую, но конечную массу, и мы дадимъ системѣ вращеніе около *A* и *B*, то кольцо обнаружитъ стремленіе удалиться отъ оси вращенія; *A* и *B* начнутъ приближаться другъ къ другу, и тогда не трудно будетъ доказать, что законъ движенія будетъ такой, какъ будто между этими тѣлами существуетъ сила, которая измѣняется обратно-пропорціонально квадрату ихъ разстоянія.

Вышеупомянутое положеніе, что потенціальная энергія какой-нибудь наэлектризированной системы равна кинетической энергіи, связанной съ системой массы эфира, когда эти массы движутся со скоростью свѣта, служитъ дальнѣйшимъ примѣромъ потенціальной энергіи, которая въ дѣйствительности является кинетической энергіей присоединенной системы. Все это приводитъ насъ, какъ я старался сегодня показать Вамъ, къ изученію проблемы, которая, благодаря новѣйшимъ изслѣдованіямъ, даетъ возможность заключить, что обыкновенная матеріальная система должна быть связана съ невидимыми системами, которыя обладаютъ массами, какъ только эта матеріальная система содержитъ электрическіе заряды.



Черт. 2.

Разсматривая такимъ образомъ всякую матерію, какъ удовлетворяющую этимъ условіямъ, мы придемъ къ тому выводу, что невидимый міръ—эѳиръ—является въ большей части мастерской матеріальнаго міра, и что наблюдаемыя нами явленія природы суть образованія, сотканныя на ткацкомъ станкѣ этого невидимаго міра.

———